

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号
特開2003-60264
(P2003-60264A)

(43)公開日 平成15年2月28日(2003.2.28)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	FI	テームト*(参考)
H01L 43/08		H01L 43/08	Z 2G017
G01R 33/09		G11B 5/39	5D034
G11B 5/39		H01F 10/30	5E049
H01F 10/30		10/32	
10/32		H01L 43/12	

審査請求 未請求 請求項の数17 OL (全20頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2001-248690(P2001-248690)

(22)出願日 平成13年8月20日(2001.8.20)

(71)出願人 000010098

アルプス電気株式会社

東京都大田区雪谷大塚町1番7号

(72)発明者 梅津 英治

東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内

(74)代理人 100085453

弁理士 野▲崎▼ 照夫

Fターム(参考) 2G017 AA01 AB07 AD55 AD65

5D034 BA03 BA05 BA08 BA15 CA08
DA07

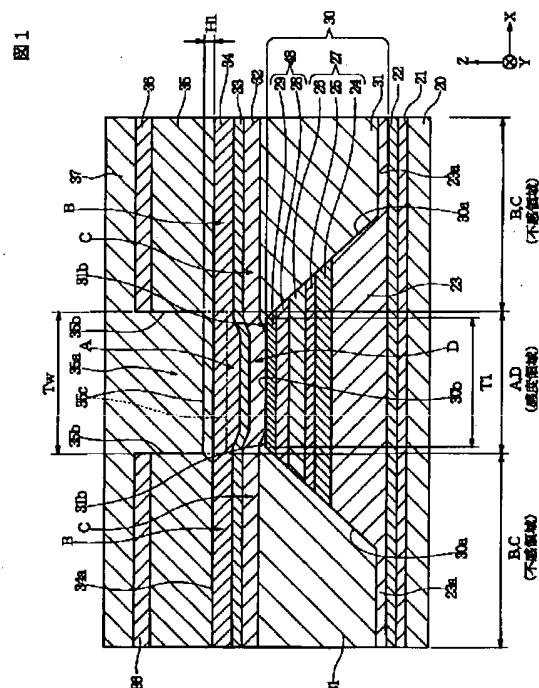
5E049 AA01 AA04 AA07 AC05 BA16
CB02 DB12

(54)【発明の名称】 磁気検出素子及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】 フリー磁性層の磁化を整えるためのバイアス方式及び構造を適切に改良することで、今後の高記録密度化においても、再生出力や抵抗変化率の上昇など再生特性の向上を適切に図ることが可能なCPP型の磁気検出素子及びその製造方法を提供。

【解決手段】 積層体30の両側に絶縁層31を設けること、前記積層体30上から前記絶縁層31上にかけてフリー磁性層32を形成すること、前記フリー磁性層32をエキスチェンジバイアス方式によって単磁区化することで、今後の高記録密度化においても、CPP型磁気検出素子の再生出力及び抵抗変化率を向上させることが可能になる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1反強磁性層と、この第1反強磁性層の上面に形成され、前記第1反強磁性層との間で発生する交換結合磁界によって磁化が所定方向にされる固定磁性層と、前記固定磁性層の上面に形成された非磁性材料層とを有する積層体と、この積層体のトラック幅方向の両側に形成された絶縁層と、

前記非磁性材料層の上面から前記絶縁層の上面にかけて形成され、磁化が前記固定磁性層と交叉する方向に揃えられたフリー磁性層と、前記フリー磁性層の上側に形成された第2反強磁性層とを有して成り、

前記積層体と膜厚方向に対向する位置での前記第2反強磁性層には、前記第2反強磁性層の上面から前記積層体方向に向けて凹部が形成され、

前記積層体の下側及び前記第2反強磁性層の上側に電極層が形成されていることを特徴とする磁気検出素子。

【請求項2】 前記積層体の上面のトラック幅方向における幅寸法は、前記凹部の下面のトラック幅方向における幅寸法と同じか、あるいはそれよりも小さい請求項1記載の磁気検出素子。

【請求項3】 前記非磁性材料層には、下面側よりも表面側にRu層、Rh層、Re層、Os層、Ir層、Pt層、Pd層あるいはこれら材質を組み合わせた混合層が多く存在する請求項1または2に記載の磁気検出素子。

【請求項4】 前記非磁性材料層は、Cu層、Rh層、Ru層、Re層、Os層、Cr層、Ir層、Pt層、Pd層あるいはこれら材質を組み合わせた混合層からなる下層の上に、Ru層、Rh層、Re層、Os層、Ir層、Pt層、Pd層あるいはこれら材質を組み合わせた混合層からなる上層が積層されて形成されている請求項3記載の磁気検出素子。

【請求項5】 前記非磁性材料層は全体が、Ru層、Rh層、Re層、Os層、Ir層、Pt層、Pd層あるいはこれら材質を組み合わせた混合層で形成されている請求項3記載の磁気検出素子。

【請求項6】 前記フリー磁性層上に、非磁性中間層及び強磁性層がこの順に形成され、さらに前記強磁性層上に前記第2反強磁性層が形成されている請求項1ないし5のいずれかに記載の磁気検出素子。

【請求項7】 前記凹部は、前記強磁性層表面にまで達して形成され、前記凹部から前記強磁性層表面が露出している請求項6記載の磁気検出素子。

【請求項8】 前記凹部は、前記非磁性中間層の表面にまで達して形成され、前記凹部から前記非磁性中間層表面が露出している請求項6記載の磁気検出素子。

【請求項9】 以下の工程を有することを特徴とする磁気検出素子の製造方法。

(a) 第1電極層の上に、第1反強磁性層、固定磁性層及び非磁性材料層の順に積層された積層体を形成する工

程と、(b) 前記積層体の上面にリフトオフ用のレジスト層を形成し、前記レジスト層に覆われていない前記積層体のトラック幅方向の両側端面を除去する工程と、

(c) 前記積層体のトラック幅方向の両側に絶縁層を形成し、前記レジスト層を除去する工程と、(d) 前記絶縁層上から前記非磁性材料層上にかけてフリー磁性層を形成し、さらに前記フリー磁性層上に第2反強磁性層を積層する工程と、(f) 前記第2反強磁性層上に、前記積層体と膜厚方向に対向する位置に穴部を有するマスク層を形成した後、この穴部から露出する前記第2反強磁性層を掘り込み、前記第2反強磁性層に凹部を形成する工程と、(g) 前記第2反強磁性層上に第2電極層を形成する工程。

【請求項10】 前記(f)工程で、前記凹部の下面のトラック幅方向における幅寸法を前記積層体の上面のトラック幅方向における幅寸法よりも大きく形成する請求項9記載の磁気検出素子の製造方法。

【請求項11】 前記(a)工程で、前記非磁性材料層を、Cu層、Rh層、Ru層、Re層、Os層、Cr層、Ir層、Pt層、Pd層あるいはこれら材質を組み合わせた混合層からなる下層の上に、Ru層、Rh層、Re層、Os層、Ir層、Pt層、Pd層、あるいはこれら材質を組み合わせた混合層からなる上層を積層して形成する請求項9または10に記載の磁気検出素子の製造方法。

【請求項12】 前記(a)工程で、前記非磁性材料層を、Ru層、Rh層、Re層、Os層、Ir層、Pt層、Pd層あるいはこれら材質を組み合わせた混合層で形成する請求項9または10に記載の磁気検出素子の製造方法。

【請求項13】 前記(d)工程で、前記フリー磁性層上に、非磁性中間層、強磁性層をこの順に積層した後、前記強磁性層上に前記第2反強磁性層を形成する請求項9ないし12のいずれかに記載の磁気検出素子の製造方法。

【請求項14】 前記(f)工程で、前記強磁性層表面が露出するまで前記第2反強磁性層を掘り込む請求項13記載の磁気検出素子の製造方法。

【請求項15】 前記(f)工程で、前記第2反強磁性層の途中まで前記第2反強磁性層を掘り込む請求項9ないし13のいずれかに記載の磁気検出素子の製造方法。

【請求項16】 前記(f)工程におけるマスク層を、無機材料で形成する請求項9ないし15に記載の磁気検出素子の製造方法。

【請求項17】 前記(d)工程ないし(g)工程に代えて以下の工程を有する請求項9ないし16のいずれかに記載の磁気検出素子の製造方法。(h) 前記絶縁層上から前記非磁性材料層上にかけてフリー磁性層を形成した後、前記フリー磁性層上に非磁性中間層を形成する工程と、(i) 前記積層体と膜厚方向に対向する位置での

10

20

30

40

50

前記非磁性中間層上にリフトオフ用レジスト層を形成し、前記レジスト層に覆われていない前記非磁性中間層のトラック幅方向の両側に強磁性層及び第2反強磁性層を積層して、前記強磁性層及び第2の反強磁性層間に凹部を形成する工程と、(j)前記レジスト層を除去する工程。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えばハードディスク装置などの磁気再生装置やその他の磁気検出装置に搭載されるCPP (current perpendicular plane) 型の磁気検出素子に係り、特に再生出力や抵抗変化率の向上を適切に図ることが可能な磁気検出素子及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】図11は、従来におけるCPP (current perpendicular plane) 型の磁気検出素子(スピナルバルブ型薄膜素子)を記録媒体との対向面側から見た部分断面図である。

【0003】符号1は第1電極層であり、前記第1電極層1の上にPtMn合金などで形成された反強磁性層2、NiFe合金などで形成された固定磁性層3、Cuなどで形成された非磁性材料層4、NiFe合金などで形成されたフリー磁性層5からなる積層体9が形成されている。

【0004】図11に示すように、前記積層体9のトラック幅方向(図示X方向)の両側であって、前記第1電極層1の上には、 Al_2O_3 などで形成された絶縁層6が形成され、前記絶縁層6の上にCoPtなどで形成されたハードバイアス層7が形成されている。

【0005】そして前記ハードバイアス層7上からフリー磁性層5上にかけて第2電極層8が形成されている。

【0006】前記固定磁性層3の磁化は前記反強磁性層2との間で発生する交換結合磁界によってハイト方向(図示Y方向)に固定され、一方、フリー磁性層5の磁化は、前記ハードバイアス層7からの縦バイアス磁界によってトラック幅方向(図示X方向)に揃えられる。

【0007】図11に示すCPP型の磁気検出素子では、積層体9の各膜面に対し垂直方向(図示Z方向)からセンス電流を流す。

【0008】今後の高記録密度化によって素子サイズの狭小化が進むにつれて、センス電流を各層の膜面に対し垂直方向から流すCPP型の磁気検出素子の方が、前記センス電流を膜面と平行な方向から流すCIP型 (current in the plane) 型の磁気検出素子よりも、再生出力の向上を期待することができた。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら図11に示す構造のCPP型磁気検出素子では以下のような問題点が生じた。

【0010】今後の高記録密度化に伴い、前記フリー磁性層5の上面のトラック幅方向の幅寸法で規制されるトラック幅Twが小さくなっていくと、前記フリー磁性層5自体の大きさが小さくなっていくことで、前記フリー磁性層5にハードバイアス層7から縦バイアス磁界が供給されても、前記フリー磁性層5はトラック幅方向(図示X方向)に適切に単磁区化しにくく、また前記フリー磁性層5の反磁界の影響も強くなり、再生特性の安定性が低下した。

【0011】これを解決するために、前記ハードバイアス層7の膜厚を厚くして強い縦バイアス磁界が前記フリー磁性層5に供給できるようにすることも考えられるが、これでは非常に小さい領域の前記フリー磁性層5の磁化が固着されやすく、外部磁界に対して感度良く磁化変動できなくなり再生出力が低下するといった問題が発生する。

【0012】次に、図11に示すように前記積層体9のトラック幅方向の両側には絶縁層6が設けられている。前記絶縁層6は、前記電極層1、8から前記積層体9に流れる電流が、効果的に前記積層体9内を流れるようにするために設けられたものである。

【0013】ところが、前記絶縁層6の上にはハードバイアス層7が形成されているため、前記電極層1、8から前記積層体9内に流れるべき電流の一部は、ハードバイアス層7に分流してしまう。そしてこの分流した電流はフリー磁性層5を介さずに非磁性材料層4や固定磁性層3などに流れ込む。

【0014】すなわち電流経路は電極層1、8から前記積層体9内に流れる正規ルートだけでなく、フリー磁性層5を介さずにハードバイアス層7に分流する電流ルートも生じ、これがシャントロスとなり、抵抗変化率($\Delta R/R$)の低下を招いた。

【0015】例えば上記課題を解決するために、図12(図11の一部を拡大した部分断面図)に示すように、前記絶縁層6を前記フリー磁性層5の両側端面5a上にも厚い膜厚で形成することで、前記積層体9の両側端面は適切に前記絶縁層6によって覆われた状態になり、前記電極層1、8から前記ハードバイアス層7に分流する電流量を低減させることができるが、前記フリー磁性層5とハードバイアス層7間に厚い膜厚の絶縁層6が介在すると、前記ハードバイアス層7から前記フリー磁性層5に供給されるべき縦バイアス磁界が小さくなり、その結果、前記フリー磁性層5を単磁区化できなくなり再生特性の低下を招いてしまう。

【0016】そこで本発明は上記従来の課題を解決するためのものであり、フリー磁性層の磁化を整えるためのバイアス方式及び前記フリー磁性層の構造を適切に改良することで、今後の高記録密度化においても、再生出力や抵抗変化率の上昇など再生特性の向上を適切に図ることが可能な磁気検出素子及びその製造方法を提供するこ

とを目的としている。

【0017】

【課題を解決するための手段】本発明における磁気検出素子は、第1反強磁性層と、この第1反強磁性層の上面に形成され、前記第1反強磁性層との間で発生する交換結合磁界によって磁化が所定方向にされる固定磁性層と、前記固定磁性層の上面に形成された非磁性材料層とを有する積層体と、この積層体のトラック幅方向の両側に形成された絶縁層と、前記非磁性材料層の上面から前記絶縁層の上面にかけて形成され、磁化が前記固定磁性層と交叉する方向に揃えられたフリー磁性層と、前記フリー磁性層の上側に形成された第2反強磁性層とを有して成り、前記積層体と膜厚方向に対向する位置での前記第2反強磁性層には、前記第2反強磁性層の上面から前記積層体方向に向けて凹部が形成され、前記積層体の下側及び前記第2反強磁性層の上側に電極層が形成されていることを特徴とするものである。

【0018】本発明はCPP (current perpendicular plane) 型の磁気検出素子に関するものであり、センス電流は、前記磁気検出素子を構成する各層の膜面に対し垂直方向から流れる。

【0019】本発明は、従来のようにフリー磁性層のトラック幅方向における両側にハードバイアス層が設けられたハードバイアス方式を採用せず、前記フリー磁性層の上側に第2反強磁性層を設けたエキスチェンジバイアス方式を採用するものである。

【0020】前記エキスチェンジバイアス方式であると、前記フリー磁性層のトラック幅方向における幅寸法をトラック幅Twよりも長く形成することができる。

【0021】特に本発明では積層体上のみでなくその両側に形成された絶縁層上にもフリー磁性層を形成できる。

【0022】このため前記トラック幅Twが今後の高記録密度化に伴って小さくされても、前記トラック幅Twの寸法及び積層体の幅寸法に左右されことなく前記フリー磁性層の幅寸法を長く形成することができ、したがって前記フリー磁性層を適切に単磁区化することが可能になり、またフリー磁性層の反磁界の影響も弱くすることができ、今後のトラック幅Twの狭小化においても、感度に優れ、再生出力の向上を適切に図ることが可能な磁気検出素子を製造することが可能である。

【0023】次に本発明では、反強磁性層、固定磁性層及び非磁性材料層とを有してなる積層体のトラック幅方向の両側は絶縁層によって埋められている。

【0024】従来では、前記フリー磁性層の両側にハードバイアス層があり、このハードバイアス層に分流した電流が、前記フリー磁性層を介さずに、非磁性材料層や固定磁性層に流れたため、これがシャントロスとなり抵抗変化率の低下を招いたが、本発明では、ハードバイアス層自体がなく、また前記積層体の両側には絶縁層が埋

められていることで、電極層から流れる電流は適切にフリー磁性層から前記積層体内を通り、したがって従来に比べて分流ロスが少なく抵抗変化率の向上を適切に図ることが可能である。

【0025】また本発明では、前記積層体の上面のトラック幅方向における幅寸法は、前記凹部の下面のトラック幅方向における幅寸法と同じか、あるいはそれよりも小さいことが好ましい。

【0026】前記積層体の上面のトラック幅方向における幅寸法は、電気的なトラック幅として規制される。したがって前記積層体の幅寸法は、できる限り小さいことが、直流抵抗値(DCR)を大きくする上で好ましい。

【0027】一方、前記凹部の下面のトラック幅方向における幅寸法は、磁気的なトラック幅Twとして規制される。すなわち前記凹部と対向する位置にあるフリー磁性層は実質的に磁気抵抗効果に関与する感度領域として機能する。

【0028】よって前記凹部の下面のトラック幅方向の寸法が狭くなることは、前記フリー磁性層の感度領域が小さくなることを意味するが、前記感度領域があまり狭くなりすぎると、再生出力が低下して好ましくない。

【0029】すなわち高記録密度化に適切に対応するためには、前記感度領域(=磁気的なトラック幅Tw)を小さくする必要があるが、あまり小さくしすぎると再生出力が低下してしまい、これに対して積層体の上面の幅寸法で決まる電気的なトラック幅は、前記磁気的なトラック幅Twの寸法に左右されことなく、さらに狭小化することが直流抵抗値を高める上で好ましい。

【0030】そこで本発明では、前記積層体の上面のトラック幅方向における幅寸法を前記凹部の下面のトラック幅方向における幅寸法と同じか、あるいはそれよりも小さく形成することとした。これによってCPP型磁気検出素子の直流抵抗値(DCR)と再生出力の向上を適切に図ることが可能になる。

【0031】また本発明では、前記非磁性材料層には、下面側よりも表面側にRu層、Rh層、Re層、Os層、Ir層、Pt層、Pd層、あるいはこれら材質を組み合わせた混合層が多く存在することが好ましい。

【0032】また本発明では、前記非磁性材料層は、Cu層、Rh層、Ru層、Re層、Os層、Cr層、Ir層、Pt層、Pd層、あるいはこれら材質を組み合わせた混合層からなる下層の上に、Ru層、Rh層、Re層、Os層、Ir層、Pt層、Pd層、あるいはこれら材質を組み合わせた混合層からなる上層が積層されて形成されていることが好ましい。

【0033】あるいは本発明では、前記非磁性材料層は全体が、Ru層、Rh層、Re層、Os層、Ir層、Pt層、Pd層、あるいはこれら材質を組み合わせた混合層で形成されていてもよい。

【0034】また本発明では、前記フリー磁性層上に、

非磁性中間層及び強磁性層がこの順に形成され、さらに前記強磁性層上に前記第2反強磁性層が形成されていることが好ましい。

【0035】この発明では、前記フリー磁性層、非磁性中間層及び強磁性層の3層で積層フェリ構造となっている。前記強磁性層は、凹部が形成されたそのトラック幅方向の両側における第2反強磁性層との間で発生する交換結合磁界によってトラック幅方向に磁化される。

【0036】一方、前記フリー磁性層は、前記強磁性層との間で発生するRKKY相互作用による結合磁界によって、前記強磁性層の磁化方向とは反平行に磁化される。

【0037】この実施形態では、前記凹部が形成されたそのトラック幅方向の両側の第2の反強磁性層下に形成された強磁性層、およびフリー磁性層の磁化は固定され、実質的に磁気抵抗効果に関与しない領域である。

【0038】一方、前記凹部の下に形成されている強磁性層及びフリー磁性層の磁化は外部磁界によって反転することができる程度に弱く単磁区化された状態で、この領域が実質的に磁気抵抗効果に与する感度領域となっている。

【0039】上記のように、前記フリー磁性層の上に非磁性中間層、および強磁性層を積層した積層フェリ構造であると、前記フリー磁性層の磁化を安定した単磁区化構造にでき、再生出力の向上を適切に図ることが可能になる。

【0040】なお本発明では、前記凹部は、前記強磁性層表面にまで達して形成され、前記凹部から前記強磁性層表面が露出しているもよいし、あるいは前記凹部は、前記非磁性中間層の表面にまで達して形成され、前記凹部から前記非磁性中間層表面が露出しているもよい。

【0041】また本発明における磁気検出素子の製造方法は、以下の工程を有することを特徴とするものである。

(a) 第1電極層の上に、第1反強磁性層、固定磁性層及び非磁性材料層の順に積層された積層体を形成する工程と、(b) 前記積層体の上面にリフトオフ用のレジスト層を形成し、前記レジスト層に覆われていない前記積層体のトラック幅方向の両側端面を除去する工程と、

(c) 前記積層体のトラック幅方向の両側に絶縁層を形成し、前記レジスト層を除去する工程と、(d) 前記絶縁層上から前記非磁性材料層上にかけてフリー磁性層を形成し、さらに前記フリー磁性層上に第2反強磁性層を積層する工程と、(f) 前記第2反強磁性層上に、前記積層体と膜厚方向に対向する位置に穴部を有するマスク層を形成した後、この穴部から露出する前記第2反強磁性層を掘り込み、前記第2反強磁性層に凹部を形成する工程と、(g) 前記第2反強磁性層上に第2電極層を形成する工程。

【0042】上記の製造方法によれば、前記フリー磁性

層の上側に第2反強磁性層を形成し、エキスチェンジバイアス方式によって前記フリー磁性層をトラック幅方向に単磁区化させることができる。

【0043】この方式によれば前記フリー磁性層を、ハードバイアス方式によって磁化させる場合に比べてトラック幅方向に長く延ばして形成することができ、特に本発明では積層体の両側に形成された絶縁層上にも前記フリー磁性層を形成できるから、前記フリー磁性層をトラック幅 T_w 及び前記積層体の寸法に左右されることなく長く延ばして形成でき、よって今後の高記録密度化に伴って素子サイズの狭小化においても前記フリー磁性層を前記第2反強磁性層との間で発生する交換結合磁界によって適切に単磁区化することができる。

【0044】また前記フリー磁性層の下に形成される、第1反強磁性層、固定磁性層及び非磁性材料層からなる積層体のトラック幅方向における両側を適切に絶縁層で埋めることができ、シャントロスが生じ難く抵抗変化率を適切に向上させることが可能な磁気検出素子を製造することができる。

【0045】従って本発明における磁気検出素子の製造方法によれば、高記録密度化においても再生出力や抵抗変化率など再生特性を適切に向上させることが可能な磁気検出素子を容易に製造することができる。

【0046】また本発明では、前記(f)工程で、前記凹部の下面のトラック幅方向における幅寸法を前記積層体の上面のトラック幅方向における幅寸法よりも大きく形成することが好ましい。

【0047】また本発明では、前記(a)工程で、前記非磁性材料層を、Cu層、Rh層、Ru層、Re層、Os層、Cr層、Ir層、Pt層、Pd層、あるいはこれら材質を組み合わせた混合層からなる下層の上に、Ru層、Rh層、Re層、Os層、Ir層、Pt層、Pd層、あるいはこれら材質を組み合わせた混合層からなる上層を積層して形成することが好ましい。

【0048】Cuなどで形成された非磁性材料層が大気に曝されると、コンタミネーション(Contamination)などによるダメージや酸化によってバルク散乱効果が有効に発揮されないなどの問題が生じ、抵抗変化率などの再生特性の低下を招きやすくなる。

【0049】そこで本発明では、前記Cuなどで形成された下層を形成した後、前記下層の上に連続してRu層などの上層を形成し、前記下層が大気に曝されるのを適切に防いでいる。前記Ru層などで形成された上層は大気に曝されてもコンタミネーションなどのダメージが少なく、また酸化されにくいので、前記Cuなどで形成された下層を大気暴露から適切に保護できると共に、下層及び上層は双方とも非磁性材料で形成されるので、前記下層と上層で非磁性材料層を構成することができる。

【0050】また本発明では、前記(a)工程で、前記非磁性材料層を、Ru層、Rh層、Re層、Os層、I

r層、Pt層、Pd層、あるいはこれら材質を組み合わせた混合層で形成してもよい。

【0051】また本発明では、前記(d)工程で、前記フリー磁性層上に、非磁性中間層、強磁性層をこの順に積層した後、前記強磁性層上に前記第2反強磁性層を形成することが好ましい。

【0052】また本発明では、前記(f)工程で、前記強磁性層表面が露出するまで前記第2反強磁性層を掘り込んでもよいし、あるいは前記第2反強磁性層の途中まで前記第2反強磁性層を掘り込んでもよい。ここで前記凹部下に一部残された前記第2反強磁性層の部分は、反強磁性としての機能が損なわれる程度に薄い膜厚であり、前記凹部下領域と前記フリー磁性層間(あるいは前記強磁性層間)で交換結合磁界が発生しないか、あるいは発生しても非常に弱い交換結合磁界であり、前記フリー磁性層(あるいは強磁性層)が強固に固定されることが無い。

【0053】従って前記第2反強磁性層に形成された前記凹部下のフリー磁性層(及び強磁性層)を、適切に磁気抵抗効果を発揮し得る感度領域として機能させることができる。

【0054】なお本発明では、前記マスク層を、無機材料で形成することが好ましい。また本発明では、前記(d)工程ないし(g)工程に代えて以下の工程を有するものであってもよい。(h)前記絶縁層上から前記非磁性材料層上にかけてフリー磁性層を形成した後、前記フリー磁性層上に非磁性中間層を形成する工程と、(i)前記積層体と膜厚方向に対向する位置での前記非磁性中間層上にリフトオフレジスト層を形成し、前記レジスト層に覆われていない前記非磁性中間層のトラック幅方向の両側に強磁性層及び第2反強磁性層を積層し、このとき、前記第2反強磁性層間から露出する前記非磁性中間層表面のトラック幅方向における幅寸法を、前記積層体上面のトラック幅方向における幅寸法より小さく形成する工程と、(j)前記レジスト層を除去する工程。

【0055】上記した(i)及び(j)工程を使用すると、上記した(f)工程における第2反強磁性層を掘り込む工程が必要無くなる。そして前記(i)及び(j)工程によれば、前記第2反強磁性層間に形成された凹部からは、前記非磁性中間層の上面が露出する形態を形成することができる。

【0056】

【発明の実施の形態】図1は、本発明におけるCPP(current perpendicular plane)型の磁気検出素子(スピンバルブ型薄膜素子)を記録媒体との対向面側から見た部分断面図である。

【0057】図1に示す磁気検出素子の上下には、ギャップ層(図示しない)を介してシールド層(図示しない)が設けられており、前記磁気検出素子、ギャップ層

及びシールド層を合わせてMRヘッドと呼んでいる。

【0058】前記MRヘッドは、記録媒体に記録された外部信号を再生するためのものである。また本発明では、前記MRヘッドの上に記録用のインダクティブヘッドが積層されていてもよい。前記磁気検出素子の上面に形成されたシールド層(上部シールド層)は、前記インダクティブヘッドの下部コア層として兼用されていてもよい。

【0059】また前記MRヘッドは、例えばアルミナ-チタンカーバイト(Al_2O_3-TiC)で形成されたスライダのトレーリング端面上に形成される。前記スライダは、記録媒体との対向面と逆面側で、ステンレス材などによる弾性変形可能な支持部材と接合され、磁気ヘッド装置が構成される。

【0060】図1に示す符号20は、第1電極層である。前記第1電極層20が前記ギャップ層を兼ねていてもよいし、あるいは前記第1電極層20が磁性材料で形成されるときは、前記シールド層を兼ねていてもよい。なお前記第1電極層20は例えば、 $\alpha-Ta$ 、Au、Cr、Cu(銅)、Rh、Ir、RuやW(タングステン)などで形成されている。

【0061】図1に示すように、前記第1電極層20上には、下地層21が形成され、前記下地層21の上にはシードレイヤ22が形成される。

【0062】前記下地層21は、Ta、Hf、Nb、Zr、Ti、Mo、Wのうち少なくとも1種以上の元素で形成されることが好ましい。また前記シードレイヤ22は、NiFeCr合金やCrなどで形成される。前記シードレイヤ22が形成されることで、その上に形成される各層の結晶粒径が大きくなり抵抗変化率の向上などを図ることが可能になる。

【0063】前記シードレイヤ22の上には第1反強磁性層23が形成されている。前記第1反強磁性層23は、元素X(ただしXは、Pt、Pd、Ir、Rh、Ru、Osのうち1種または2種以上の元素である)とMnとを含有する反強磁性材料で形成されることが好ましい。例えばPtMn合金などで形成される。

【0064】あるいは本発明では、前記第1反強磁性層23は、 $X-Mn-X'$ 合金(ただし元素X'は、Ne、Ar、Kr、Xe、Be、B、C、N、Mg、Al、Si、P、Ti、V、Cr、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、Ga、Ge、Zr、Nb、Mo、Ag、Cd、Ir、Sn、Hf、Ta、W、Re、Au、Pb、及び希土類元素のうち1種または2種以上の元素である)で形成されてもよい。

【0065】なお前記元素Xあるいは元素 $X+X'$ の組成比は、45(at%)以上60(at%)以下であることが好ましい。

【0066】前記第1反強磁性層23の上には固定磁性層27が形成されている。この実施形態では前記固定磁

性層27は積層フェリ構造で形成されている。

【0067】図1に示すように、前記固定磁性層27は下から磁性層24、非磁性中間層25及び磁性層26の順に積層形成されている。ここで前記磁性層24、26は、例えばCoFe合金、CoFeNi合金、Co、NiFe合金などの磁性材料で形成される。また前記非磁性中間層25は、Ru、Rh、Ir、Cr、Re、Cuなどの非磁性導電材料で形成されることが好ましい。

【0068】図1に示す固定磁性層27では、前記磁性層24は前記第1反強磁性層23との間で発生する交換結合磁界によって例えば図示Y方向に固定される。一方、磁性層26は前記磁性層24との間で発生するRK KY相互作用における結合磁界によって図示Y方向とは逆の方向に磁化される。

【0069】すなわち積層フェリ構造では、前記磁性層24と磁性層26とが互いに反平行状態に磁化されるのである。なお前記積層フェリ構造を構成するためには、前記磁性層24と磁性層26の単位面積当たりの磁気モーメント（飽和磁化 $M_s \times$ 膜厚 t ）が異なるようにしなければならない。例えば前記磁性層24と磁性層26が同じ材質で形成されるときは、前記磁性層24と磁性層26の膜厚を異ならせて形成する。

【0070】図1に示すように、前記固定磁性層27の上には非磁性材料層48が形成される。この実施形態では前記非磁性材料層48は2層構造であり、下層28はCu層、Rh層、Ru層、Re層、Os層、Cr層、Ir層、Pt層、Pd層、またはこれら材質の混合層で形成されており、上層29は、Ru層、Rh層、Re層、Os層、Ir層、Pt層、Pd層、またはこれら材質の混合層で形成されている。前記上層29は、特にRu層で形成されていることが好ましい。

【0071】なお前記非磁性材料層48の膜厚は10Å以上で70Å以下であることが好ましい。Ruなどで形成された非磁性材料層48は、固定磁性層27及び/またはフリー磁性層32を構成するFeやCo元素との界面で、アップスピンやダウンスピンの伝導電子の透過率、反射率があまり大きくないので、前記非磁性材料層48の膜厚はそれほど厚くないことが好ましい。より好ましい前記非磁性材料層48の膜厚は3Å以上で20Å以下である。

【0072】前記Ruなどで形成された上層29は、後で製造工程で詳しく説明するように、Cuなどで形成された下層28を大気暴露によるコンタミなどや酸化から適切に保護するための層である。Ruなどで形成された上層29は、大気暴露によってもコンタミの発生は少なく、また酸化などの侵食も無いことから適切に下層28を保護する役割を有すると共に、前記上層29も非磁性材料で形成されるから前記上層29を下層28とともに非磁性材料層48として機能させることができる。

【0073】また図1においては、非磁性材料層48を

構成する前記下層28と上層29とは明確な2層構造として表されているが、前記下層28と上層29との界面で元素が入り交じり、前記非磁性材料層48の下面側に比べて表面側にRu層、Rh層、Re層、Os層、Ir層、Pt層、Pd層、またはこれら材質の混合層が多く存在する組成変調を起していてもよい。

【0074】図1に示すように、前記第1反強磁性層23から非磁性材料層48までの積層体30は、トラック幅方向（図示X方向）の両側端面30aが連続面となり、前記両側端面30aは、前記第1反強磁性層23側から前記非磁性材料層48側にかけて（図示Z方向）徐々に幅寸法が狭くなる傾斜面あるいは湾曲面として形成される。

【0075】なお図1に示す実施形態では前記第1反強磁性層23の下側領域23aは、前記両側端面30aからさらにトラック幅方向（図示X方向）に延びて形成されているが、前記延出した下側領域23aの部分は除去されて、その除去された部分からシードレイヤ22、下地層21あるいは第1電極層20が露出しているかまわない。

【0076】なお前記第1反強磁性層23の下側領域23a上面から前記第1反強磁性層23上面までの膜厚は概ね100～150Å程度である。

【0077】図1に示すように前記積層体30のトラック幅方向（図示X方向）の両側には、絶縁層31、31が形成されている。前記絶縁層31は Al_2O_3 や SiO_2 などの絶縁材料で形成される。

【0078】なお前記絶縁層31の内側先端部31b、31bは、前記積層体30上に延出して形成されることが好ましい。これによって前記積層体30の両側領域を適切に絶縁状態にすることができる。なお前記絶縁層31の膜厚は概ね150Å程度である。

【0079】本発明では図1に示すように、前記絶縁層31上から前記積層体30上にかけてフリー磁性層32が形成されている。前記フリー磁性層32は、例えばNiFe合金、CoFe合金、CoFeNi合金、Coなどで形成される。

【0080】また前記フリー磁性層32は、磁性材料の積層構造で形成されてもよく、例えば下からCoFe合金膜、NiFe合金膜の順に積層された構造を提示することができる。前記CoFe合金を前記積層体30と接する側に形成することにより、前記非磁性材料層48との界面での金属元素等の拡散を防止し、抵抗変化率（ $\Delta R/R$ ）を大きくすることができる。

【0081】図1に示すように前記フリー磁性層32の上には、非磁性中間層33が形成され、その上には強磁性層34が積層される。前記非磁性中間層33は、Ru、Rh、Ir、Cr、Re、Cuなどの非磁性導電材料で形成されることが好ましい。また前記強磁性層34は、NiFe合金、CoFe合金、CoFeNi合金、

Coなどの磁性材料で形成される。

【0082】さらに本発明では、図1に示すように前記強磁性層34の上には第2反強磁性層35が形成される。前記第2反強磁性層35は第1反強磁性層23と同様の反強磁性材料で形成されることが好ましい。具体的には前記第2反強磁性層35は、元素X（ただしXは、Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Osのうち1種または2種以上の元素である）とMnとを含有する反強磁性材料で形成されることが好ましい。例えばPtMn合金などで形成される。

【0083】あるいは本発明では、前記第2反強磁性層35は、 $X-Mn-X'$ 合金（ただし元素 X' は、N, e, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb、及び希土類元素のうち1種または2種以上の元素である）で形成されてもよい。

【0084】なお前記元素Xあるいは元素 $X+X'$ の組成比は、45(at%)以上60(at%)以下であることが好ましい。

【0085】図1に示すように前記第2反強磁性層35には、前記積層体30と膜厚方向（図示Z方向）にて対向する位置の上面から前記積層体方向に向けて凹部35aが形成されている。

【0086】図1に示す実施形態では、前記第2反強磁性層35と前記強磁性層34との間で発生する交換結合磁界によって前記強磁性層34の磁化はトラック幅方向（図示X方向）に固定されるが、前記第2反強磁性層35に形成された凹部35a下における強磁性層34の中央部（感度領域）Aは磁化が固定されておらず磁化変動できる程度に弱く磁化された状態になっている。

【0087】上記したように前記第2反強磁性層35にはその中央部分に凹部35aが形成されており、この凹部35aが形成された部分での前記第2反強磁性層35の膜厚は非常に薄くなっている。例えば前記凹部35a下の前記第2反強磁性層35の膜厚H1は10～70Åである。このように前記凹部35aが形成された部分では前記第2反強磁性層35の膜厚H1が非常に薄く形成されているから、膜厚H1で形成された第2反強磁性層35と強磁性層34間にはほとんど交換結合磁界が発生しない状態になっており、したがって前記第2反強磁性層35に形成された凹部35a下における強磁性層34の中央部Aの磁化は強固に固定された状態には無い。一方、前記中央部Aの両側領域（不感領域）Bの強磁性層34は、その上に形成された厚い膜厚の第2反強磁性層35との間で十分な交換結合磁界が発生し、前記強磁性層34の両側領域Bの磁化は図示X方向に強固に固定された状態になる。

【0088】一方、前記フリー磁性層32の磁化は、前

記強磁性層34との間で発生するRKKY相互作用における結合磁界によって前記強磁性層34の磁化方向とは反平行に磁化される。

【0089】前記フリー磁性層32の両側領域（不感領域）Cの磁化は、上記したRKKY相互作用による結合磁界によって強固に固定されるが、前記フリー磁性層32の中央部（感度領域）Dの磁化は外部磁界に対し変動できる程度に弱く磁化された状態になっており、外部磁界がこの磁気検出素子に流入してくると、前記フリー磁性層の中央部Dと強磁性層34の中央部Aの磁化が反平行状態を保ちながら変動し、固定磁性層27の固定磁化との関係で電気抵抗が変化することで、外部信号が再生されるようになっている。

【0090】また図1に示すように、前記第2反強磁性層35の上にはTaなどで形成された保護層36が形成されている。なお前記保護層36は、前記第2反強磁性層35に形成された凹部35a内には形成されていない。

【0091】そして前記保護層36上から前記第2反強磁性層35に形成された凹部35a内にかけて電極層（第2電極層）37が形成されている。前記第2電極層37は例えば、 α -Ta、Au、Cr、Cu（銅）、Rh、Ir、RuやW（タングステン）などで形成されている。なお前記第2電極層37が前記ギャップ層を兼ねていてもよいし、あるいは前記第2電極層37が磁性材料で形成されるときは、前記シールド層を兼ねていてもよい。

【0092】本発明の磁気検出素子はCPP型であるから、図1のように電極層20、37は素子の膜厚方向の上下に形成され、前記電極層20、37からのセンス電流は、前記素子を構成する各層の膜面に対し垂直方向に流れる。

【0093】以上、図1の磁気検出素子を構成する各層について説明したが、以下では本発明における磁気検出素子の特徴的構造について説明する。（1）フリー磁性層32が絶縁層31上から積層体30上にかけて形成されており、前記フリー磁性層32のトラック幅方向（図示X方向）への幅寸法は、トラック幅Tw（ここでのトラック幅Twは磁気的なトラック幅をいう。なお以下、単にトラック幅Twというときは、前記磁気的なトラック幅のことを指す）よりも長く延ばされて形成されている。

【0094】図1の実施形態において前記トラック幅Twは、前記第2反強磁性層35に形成された凹部35aの下面35cのトラック幅方向（図示X方向）における幅寸法で決定される。

【0095】上記したように、前記凹部35aと膜厚方向で対向する位置にある前記フリー磁性層32の中央部Dが、外部磁界に対し磁化変動できる感度領域であり、この中央部Dのトラック幅方向における幅寸法は前記ト

ラック幅Twとはほぼ一致する。

【0096】前記トラック幅Twは今後の高記録密度化に伴って益々小さくなる傾向にある。例えば前記トラック幅Twは0.1 μm 程度にまで狭小化される。

【0097】このため従来のように前記フリー磁性層32のトラック幅方向における幅寸法がトラック幅Twで形成されると、前記フリー磁性層32が非常に小さくなってしまい、反磁界の影響も強まり、前記フリー磁性層32を適切に単磁区化することは非常に難しい。

【0098】一方、本発明では前記トラック幅Twの寸法に左右されことなく前記フリー磁性層32のトラック幅方向における幅寸法を長く延ばして形成できる。そして前記フリー磁性層32のトラック幅Tw領域(=感度領域)となる中央部D以外の両側領域(不感領域;実質的に磁気抵抗効果に寄与しない領域)Cの上側に厚い膜厚の第2反強磁性層35を形成した、いわゆるエキスチェンジバイアス方式を採用することで、反磁界も弱く、前記両側領域Cの磁化を適切にトラック幅方向に固定できると共に、前記中央部Dを外部磁界に対し磁化変動できる程度に弱く単磁区化でき、トラック幅Twの狭小化においても感度に優れた磁気検出素子を製造することができる。

【0099】特に本発明においては、前記フリー磁性層32を、積層体30の両側に形成された絶縁層31上にまで延ばして形成することが可能であるため、トラック幅Twの寸法のみならず前記積層体30の幅寸法にも左右されことなく前記フリー磁性層32の幅寸法を決定できる。

【0100】例えば従来の図11のように積層体9の一部としてフリー磁性層5を含む場合は、前記積層体9の幅寸法を延ばせば、前記フリー磁性層5の幅寸法を長く延ばすことができるが、当然、前記フリー磁性層5の幅寸法が、前記積層体9の幅寸法より大きくなることはない。

【0101】そして図9に示す積層体9の構造において、エキスチェンジバイアス方式を採用しても、後述するように、前記積層体9の幅自体も直流抵抗値などの関係から狭くする必要があり、したがって、積層体9の幅=フリー磁性層5の幅という関係にあっては、十分に前記フリー磁性層5の幅寸法を長くできず、かかる場合、エキスチェンジバイアス方式を使用しても、今後の高記録密度化に適切に対応できるほどの出力を得ることはできない。

【0102】一方、本発明では、前記フリー磁性層32の幅寸法は、トラック幅Twの寸法のみならず、積層体30の幅寸法にも左右されることがなく、したがって前記トラック幅Tw及び積層体30の幅の狭小化に関わらず、前記フリー磁性層32を長く延ばすことができる。

【0103】よって本発明では、従来に比べて前記フリー磁性層32の磁化制御をより適切に及び容易に行うこ

とが可能なのである。(2)第1反強磁性層23から非磁性材料層48まで形成された積層体30のトラック幅方向の両側には絶縁層31が形成されており、前記絶縁層から非磁性材料層48上にかけてフリー磁性層32が形成されている。

【0104】このように前記積層体30のトラック幅方向の両側に絶縁層31が形成されていることで、電極層20、37から流れる電流は、フリー磁性層32を介して前記積層体30内部を適切に通過する。

10. 【0105】すなわち必ずフリー磁性層32から積層体30内部へ、あるいは前記積層体30内部からフリー磁性層32に電流が流れ、電流の分流が起こり難い構造となっている。

【0106】これは前記フリー磁性層32の磁化制御を第2反強磁性層35を用いたエキスチェンジバイアス方式としたからである。従来では前記フリー磁性層32の磁化制御を、前記フリー磁性層32の両側にハードバイアス層を用いて行うハードバイアス方式を採用していたが、これでは前記電流がハードバイアス層に分流しやすく、いわゆるシャントロスの増大を招いていた。

20. 【0107】一方、本発明では、前記積層体30の両側を絶縁層31で埋めてしまうと共に、フリー磁性層32の磁化制御をエキスチェンジバイアス方式とすることで、電流は必ずから積層体30に、あるいは積層体30からフリー磁性層32に流れる経路を通るため、電流の分流はハードバイアス方式に比べて減り、シャントロスの低減によって抵抗変化率の向上を図ることが可能になる。

30. 【0108】以上のように本発明では、トラック幅Twの狭小化においても、感度に優れ、再生出力が高く、しかも抵抗変化率が大きいCPP型(current perpendicular plane)の磁気検出素子を適切且つ容易に製造することが可能である。

【0109】次に本発明では、前記積層体30の上面30bのトラック幅方向(図示X方向)における幅寸法T1が、前記トラック幅Twと同じか、あるいはそれよりも小さいことが好ましい。

40. 【0110】前記積層体30の上面30bのトラック幅方向における幅寸法T1は、電氣的なトラック幅として規制される。CPP型磁気検出素子においては、前記積層体の幅寸法T1をできる限り小さくし、これによって直流抵抗値(DCR)を大きくすることが好ましい。

【0111】一方、前記凹部35aの下面35cのトラック幅方向における幅寸法は、磁氣的なトラック幅Twとして規制される。すなわち前記凹部35aと対向する位置にある強磁性層34とフリー磁性層32の中央部A、Dは実質的に磁気抵抗効果に関与する感度領域として機能する。

50. 【0112】高記録密度化においては、磁氣的なトラック幅Twを小さくし、記録密度を向上させることが必要

となるが、あまり磁気的なトラック幅Twを小さくしすぎると、感度領域が非常に小さくなりすぎて再生出力の低下が顕著となる。

【0113】このため磁気的なトラック幅Twは、高記録密度化に適切に対応でき、再生出力の低下が増大しない程度に狭小化するとともに、積層体30の上面30bの幅寸法(電気的なトラック幅)は、前記磁気的なトラック幅Twと同程度か、あるいはそれよりもさらに小さくして素子の直流抵抗値(DCR)をよりの確に高めることができるようにすることが好ましい。

【0114】そこで本発明では、前記積層体30の上面30bのトラック幅方向における幅寸法T1を、前記凹部35aの下面35cのトラック幅方向における幅寸法(=磁気的なトラック幅Tw)と同じか、あるいはそれよりも小さく形成すると規定した。

【0115】なお前記凹部35aのトラック幅Twは0.1μm程度であることが好ましく、前記積層体30の幅寸法T1は、0.1μm以下であることが好ましい。

【0116】これによって再生出力と直流抵抗値(DCR)の双方を適切に高めることが可能である。

【0117】なお本発明において、前記積層体30の上面30bのトラック幅方向における幅寸法T1と、前記凹部35aの下面35cのトラック幅方向における幅寸法(=磁気的なトラック幅Tw)との寸法関係を、 $T1 \leq Tw$ と規制できる理由は、本発明では前記積層体30上から前記積層体30の両側に形成された絶縁層31上にかけてフリー磁性層32を形成しているため、前記フリー磁性層32の上側に形成される第2反強磁性層35のトラック幅方向における幅寸法を、前記積層体30の上面30bの幅寸法T1より長く形成できるからである。従って本発明では、前記積層体30の上面30bの幅寸法T1の寸法に左右されることなく、前記第2反強磁性層35に、前記幅寸法T1と同じか、あるいはそれよりも大きい幅の凹部35aを形成することが可能になっている。

【0118】次に前記第2反強磁性層35に形成された凹部35aの形状などについて以下に説明する。

【0119】図1に示す実施形態では前記凹部35aの内側側面35b、35bは、下面35cから垂直方向(図示Z方向)に立ち上がって形成されているが、前記内側側面35bは、前記凹部35aの下面35cから上面に向うにしたがって徐々に前記内側側面35b間の間隔が広くなるような傾斜面あるいは湾曲面として形成されていてもかまわない。

【0120】次に図1に示す実施形態では、前記凹部35aの下には第2反強磁性層35が一部残された状態になっており、前述したように、この凹部35a下での前記第2反強磁性層35の膜厚H1は非常に薄いために交換結合磁界が強磁性層34との間でほとんど発生しない

状態になっている。

【0121】ここで本発明のCPP型の磁気検出素子の場合、前記凹部35aの下に一部、第2反強磁性層35を残しておいても、CIP型(すなわち電流を各層の膜面と平行に流すタイプ)の磁気検出素子に比べてシャントロスの発生を適切に低減させることができる。

【0122】本発明のようにCPP型磁気検出素子の場合には、センス電流は各層の膜面と垂直方向に流れるから、実質的に磁気抵抗効果に寄与するフリー磁性層32の中央部(感度領域)D上に第2反強磁性層35が一部残されていても、この第2反強磁性層35を介して前記フリー磁性層32の中央部Dにセンス電流は流れる。従ってシャントロスは発生し難い。

【0123】しかしCIP型の場合、前記フリー磁性層32の中央部D上に第2反強磁性層35が一部残されていると、前記前記第2反強磁性層35の部分に流れたセンス電流は、前記フリー磁性層32に流入せずに(あるいは一部流入したとしても)、主として前記第2反強磁性層35内を膜面と平行な方向(図示X方向)に横切って流れてしまう。すなわちこれがシャントロスとなり抵抗変化率の低下を招く。

【0124】以上のように、本発明のCPP型磁気検出素子の場合、前記フリー磁性層32の中央部(感度領域)D上に一部、第2反強磁性層35が残されていても抵抗変化率は低下しにくく、CIP型磁気検出素子に比べて、前記凹部35aの形成が容易であり、効果的に抵抗変化率の高い磁気検出素子を形成することが可能である。

【0125】ところで前記凹部35aは、前記第2反強磁性層35を例えばイオンミリングなどによって削ることによって形成される。従ってイオンミリングでの削り量によって前記膜厚H1の寸法を適切に制御することができ、また前記削り量が多くなれば、前記凹部35aと膜厚方向で対向する前記第2反強磁性層35の部分は全て除去され強磁性層34表面が露出することもある。

【0126】かかる場合、本発明では例えば点線で示すように前記強磁性層34表面も若干削られて、前記凹部35aの下面35cが、前記強磁性層34の上面34aより低い位置となる(符号35cの点線による引出し線を参照されたい)。

【0127】さらに前記凹部35aが形成される位置と膜厚方向で対向する前記強磁性層34の部分が全て除去されて前記非磁性中間層33の表面が前記凹部35aから露出した状態であってもかまわない。

【0128】ただし前記凹部35aが形成される位置と膜厚方向で対向する前記非磁性中間層33の部分をも全て除去し、フリー磁性層32表面を前記凹部35aから露出させる形態でないことが好ましい。前記非磁性中間層33をすべて除去すると、このときフリー磁性層32までも一部削られてしまう。前記フリー磁性層32の中

央部Dは実質的に磁気抵抗効果に関与する感度領域であるから、この部分での膜厚変動は、再生特性に大きな影響を及ぼすことになり、再生特性の劣化を招きやすくなる。また前記フリー磁性層32が露出し、その部分が外気などによって汚染されると再生特性の低下を招く。

【0129】従って前記フリー磁性層32表面は露出しないように、少なくとも前記フリー磁性層32上に非磁性中間層33が残るようにイオンミリング時間などを調整して、前記凹部35aを形成する必要がある。

【0130】図2は本発明における第2実施形態のCPP型の磁気検出素子（スピンバルブ型薄膜素子）の構造を記録媒体との対向面側から見た部分断面図である。なお図1と同じ符号が付けられている層は図1と同じ層を示している。

【0131】図2に示す実施形態では、積層体30構造、前記積層体30のトラック幅方向（図示X方向）の両側に絶縁層31が形成されている点、さらに前記絶縁層31から積層体30上にかけてフリー磁性層32が形成され、前記フリー磁性層32の上に非磁性中間層33が形成されている点は、図1とほぼ同じである。

【0132】図2において図1と異なるのは、図2では、第2反強磁性層41及び強磁性層40間に形成された凹部41aが、非磁性中間層33上まで形成され、前記凹部41aから前記非磁性中間層33表面が露出している点である。

【0133】上記のように図1の場合でも前記凹部35aから前記非磁性中間層33表面を露出させることは可能であるが、図1に示す凹部35aの形成は、イオンミリングなどによって削り込むことで行なわれるため、前記凹部35aから露出した前記非磁性中間層33表面も一部削られてその部分での膜厚は薄くなりやすい。

【0134】図2の場合においては、非磁性中間層33上に図2の形状の強磁性層40及び第2反強磁性層41をレジストを用いて形成することで前記第2反強磁性層41間に前記凹部41aを形成しており、イオンミリングでの削り込みで前記凹部41aの形成が行なわれているわけではない。図2の製造方法については後で詳しく説明する。

【0135】従って図2では、前記凹部41aから露出した非磁性中間層33表面に削られた跡はなく平らであり、前記凹部41a下での前記非磁性中間層33の膜厚は、他の位置での前記非磁性中間層33の膜厚とは同じである。また前記非磁性中間層33表面は、前記凹部41aから露出する部分も含めてほぼ平坦化面として形成されている。

【0136】図2に示す実施形態では、前記非磁性中間層33上に形成された強磁性層40及び第2反強磁性層41の内側端面42は、下面から上面（図示Z方向）に向うにしたがって、徐々に前記内側端面42、42間の間隔が広がる傾斜面あるいは湾曲面として形成されてい

る。

【0137】図2に示す実施形態でも図1と同様に、フリー磁性層32が絶縁層31上から積層体30上にかけて形成されており、前記フリー磁性層32のトラック幅方向（図示X方向）への幅寸法は、トラック幅Tw及び積層体30の幅寸法よりも長く延ばされて形成されている。

【0138】そして前記フリー磁性層32のトラック幅Tw領域（＝感度領域）となる中央部D以外の両側領域（不感領域）Cの上側に厚い膜厚の第2反強磁性層41を形成した、いわゆるエキスチェンジバイアス方式を採用することで、前記両側領域Cの磁化を適切にトラック幅方向に固定できると共に、前記中央部Dを外側境界に対し変動できる程度に弱く単磁区化でき、トラック幅Twや積層体30の狭小化においても感度に優れた磁気検出素子を製造することができる。

【0139】また第1反強磁性層23から非磁性材料層50まで形成された積層体30のトラック幅方向（図示X方向）の両側には絶縁層31が形成されており、前記絶縁層31から非磁性材料層50上にかけてフリー磁性層32が形成されている。

【0140】このように前記積層体30のトラック幅方向の両側に絶縁層31が形成されていることで、電極層20、37から流れる電流は、前記積層体30内部を適切に通過する。

【0141】すなわち本発明では、前記積層体30の両側を絶縁層31で埋めてしまうと共に、フリー磁性層32の磁化制御を第2反強磁性層41を用いたエキスチェンジバイアス方式とすることで、電流がフリー磁性層32から積層体30に流れる経路以外に分流することが抑制され、いわゆるシャントロスの低減によって抵抗変化率の向上を図ることが可能になる。

【0142】以上のように本発明では、トラック幅Twの狭小化においても、感度に優れ、再生出力が高く、しかも抵抗変化率が大きいCPP型磁気検出素子（スピンバルブ型薄膜素子）を適切且つ容易に製造することが可能である。

【0143】なお図2に示す実施形態においては、前記非磁性材料層50は1層のみで構成されている。この非磁性材料層50は、図1に示す非磁性材料層48の上層29を構成するRuなどで形成されている。Ruなど前記上層29の材質はすべて非磁性材料であるから、これらの材質で形成された層を非磁性材料層50として機能させることができる。また前記非磁性材料層50がRuなど前記上層29を構成する材質の単層で形成されれば、そもそも大気暴露によるコンタミや酸化などの汚染から前記非磁性材料層50を適切に保護できる。

【0144】また後述する製造方法で説明するように、前記非磁性材料層50を形成した後、その上にフリー磁性層32を構成する工程において、素子が大气に曝され

ない状況であれば、前記非磁性材料層50を従来と同様に図1の下層28を構成するCuなどの材質のみで形成してもかまわない。

【0145】なお上記非磁性材料層50の構成は図1及び、次に説明する図3の実施形態においても適用可能である。

【0146】図3は本発明における第3実施形態のCPP型の磁気検出素子（スピンバルブ型薄膜素子）の構造を記録媒体との対向面側から見た部分断面図である。なお図1と同じ符号が付けられている層は図1と同じ層を示している。

【0147】図3に示す実施形態では図1及び図2と異なり、フリー磁性層32上と第2反強磁性層35間に非磁性中間層33及び強磁性層34が形成されていない。

【0148】図1及び図2に示す実施形態では、いずれもフリー磁性層32の両側領域Cの部分が非磁性中間層33と強磁性層34との積層フェリ構造とされており、前記フリー磁性層32の磁化制御は、前記積層フェリ構造と第2反強磁性層とを組み合わせた、シンセティブ・バイアス・カップリングのエキスチェンジバイアス方式を用いて行なわれている。

【0149】一方、図3では、前記フリー磁性層32上に直接、第2反強磁性層35が形成されている。そして前記第2反強磁性層35とフリー磁性層32間に発生する交換結合磁界によって前記フリー磁性層32はトラック幅方向（図示X方向）に磁化される。

【0150】ここで前記第2反強磁性層35に形成された凹部35aの下面のトラック幅方向における幅寸法は、トラック幅Tw（磁気的なトラック幅）として規制され、前記凹部35a下に残された第2反強磁性層35の膜厚H1は非常に薄くなっている。そしてこの部分では前記第2反強磁性層35とフリー磁性層32間でほとんど交換結合磁界が発生せず、前記凹部35a下に位置するフリー磁性層32の中央部（感度領域）Dの磁化がトラック幅方向に強固に固定されることはない。

【0151】一方、前記フリー磁性層32の中央部Dのトラック幅方向の両側に位置する両側領域（不感領域）C、Cでは、その上に形成された厚い膜厚の第2反強磁性層35との間で大きな交換結合磁界が発生するため前記両側領域C、Cの磁化はトラック幅方向に適切に固定された状態にある。

【0152】前記フリー磁性層32の中央部Dのトラック幅方向における幅寸法は、前記凹部35aの下面の幅寸法で決定されるトラック幅Twとほぼ同じ幅寸法を有し、前記フリー磁性層32の両側領域Cの磁化が図示X方向に固定されたことで、前記フリー磁性層32の中央部Dの磁化が外部磁界に対し反転できる程度に図示X方向に揃えられる。

【0153】図3に示す実施形態でも図1と同様に、フリー磁性層32が絶縁層31上から積層体30上にか

て形成されており、前記フリー磁性層32のトラック幅方向（図示X方向）への幅寸法は、トラック幅Tw及び積層体30の幅寸法よりも長く延ばされて形成されている。

【0154】そして前記フリー磁性層32のトラック幅Tw領域（＝感度領域）となる中央部D以外の両側領域（不感領域）C上に厚い膜厚の第2反強磁性層35を形成した、いわゆるエキスチェンジバイアス方式を採用することで、前記両側領域Cの磁化を適切にトラック幅方向に固定できると共に、前記中央部Dを外部磁界に対し変動できる程度に弱く単磁区化でき、トラック幅Twや積層体30の狭小化においても感度に優れた磁気検出素子を製造することができる。

【0155】また第1反強磁性層23から非磁性材料層48まで形成された積層体30のトラック幅方向の両側には絶縁層31が形成されており、前記絶縁層31から非磁性中間層48上にかけてフリー磁性層32が形成されている。

【0156】このように前記積層体30のトラック幅方向の両側に絶縁層31が形成されていることで、電極層20、37から流れる電流は、フリー磁性層32から前記積層体30内部に、あるいは積層体30からフリー磁性層32に適切に流れる。

【0157】すなわち本発明では、前記積層体30の両側を絶縁層31で埋めてしまうと共に、フリー磁性層32の磁化制御を第2反強磁性層35を用いたエキスチェンジバイアス方式とすることで、電流がフリー磁性層32から積層体30に流れる経路以外に分流し難くなり、いわゆるシャントロスの低減によって抵抗変化率の向上を図ることが可能になる。

【0158】以上のように本発明では、トラック幅Twの狭小化においても、感度に優れ、再生出力が高く、しかも抵抗変化率が大きいCPP型の磁気検出素子（スピンバルブ型薄膜素子）を適切且つ容易に製造することが可能である。

【0159】図4ないし図8は、本発明におけるCPP型の磁気検出素子（スピンバルブ型薄膜素子）の製造工程図である。各図は、磁気検出素子を記録媒体との対向面側から見た部分断面図である。

【0160】図4に示す工程では、下から第1電極層20、下地層21、シードレイヤ22、第1反強磁性層23、固定磁性層27、下層28と上層29からなる非磁性材料層48を連続成膜する。成膜工程にはスパッタや蒸着が使用される。

【0161】本発明では前記第1電極層20には、 α -Ta、Au、Cr、Cu（銅）、Rh、Ir、RuやW（タングステン）、下地層21には、Ta、Hf、Nb、Zr、Ti、Mo、Wのうち少なくとも1種以上の元素、シードレイヤ22にはNiFeCr合金やCrなど、第1反強磁性層23には、元素X（ただしXは、P

t, Pd, Ir, Rh, Ru, Osのうち1種または2種以上の元素である)とMnとを含有する反強磁性材料、あるいはX-Mn-X'合金(ただし元素X'は、Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Ir, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb、及び希土類元素のうち1種または2種以上の元素である)を用いて形成することが好ましい。

【0162】なお図4に示す製造工程で用いている下地層21及びシードレイヤ22は設けてもよいし設けなくてもどちらでもよい。

【0163】次に固定磁性層27は積層フェリ構造と呼ばれる構造で、磁性層24、26間に非磁性中間層25が介在した3層構造となっている。本発明では前記磁性層24、26をCoFe合金、CoFeNi合金、Co、NiFe合金などの磁性材料で形成することが好ましい。また前記非磁性中間層25をRu、Rh、Ir、Cr、Re、Cuなどの非磁性導電材料で形成することが好ましい。

【0164】また適切な積層フェリ構造を得るには、前記磁性層24と磁性層26との単位面積当たりの磁気モーメント(飽和磁化 $M_s \times$ 膜厚 t)を異ならせる必要がある。例えば前記磁性層24及び磁性層26に同じ材質を使用した場合には、前記磁性層24及び磁性層26を異なる膜厚で形成する。

【0165】なお前記第1反強磁性層23及び固定磁性層27を成膜した後、熱処理を施して前記第1反強磁性層23と固定磁性層27間に交換結合磁界を発生させ、前記固定磁性層27をハイト方向(図示Y方向)に磁化する。前記固定磁性層27を構成する磁性層24、26の磁化は互いに反平行状態にされる。またこの熱処理をいつ行うかは任意であり、例えば非磁性材料層48まで形成した後に行ってもよいし、固定磁性層までを成膜した段階で行ってもよい。

【0166】また本発明では前記非磁性材料層48を構成する下層28をCu層、Rh層、Ru層、Re層、Os層、Cr層、Ir層、Pt層、Pd層、またはこれら材質の混合層で形成することが好ましい。

【0167】ところで本発明における非磁性材料層48は、下層28の上に上層29が設けられた積層構造となっている。前記上層29は、Ru層、Rh層、Re層、Os層、Ir層、Pt層、Pd層、またはこれら材質の混合層で形成されることが好ましい。特にRu層で形成されることが好ましい。前記上層29を設けることで、図4からなる膜構成の磁気検出素子を別の装置内に移動させるときに前記磁気検出素子が大気に曝されても前記下層28の大気暴露によるダメージを抑制することができる。

【0168】仮にRuなどで形成された上層29が無い

ときは、Cuなどで形成された下層28には、大気暴露によってコンタミネーションなどが発生し、また前記下層28が酸化されやすく、バルク散乱効果の低下などによって抵抗変化率の低下を招きやすい。

【0169】従ってRuなどからなる上層29をCuなどからなる下層28上に設けることで、前記非磁性材料層48としての機能を適切に維持することができる。

【0170】あるいは前記非磁性材料層48を2層構造で形成しなくても、例えば図2の磁気検出素子のように非磁性材料層50を一層構造で形成してもよい。かかる場合、前記非磁性材料層50を上層29と同じ材質で形成することが好ましい。これによって前記非磁性材料層50が大気に曝されても適切にコンタミネーションや酸化などの汚染から前記非磁性材料層50を防止することができる。

【0171】なお図4に示す磁気検出素子が大気暴露されないときなどは、前記非磁性材料層50を図4に示すCuなどで形成された下層28と同じ材質の単層膜で形成してもよい。

【0172】また図4においては、非磁性材料層48を構成する前記下層28と上層29とは明確な2層構造として表されているが、後工程での熱処理などによって前記下層28と上層29とが熱拡散を起す可能性があり、かかる場合、前記下層28と上層29との界面は不明確になるものと考えられる。ただし組成分析によって非磁性材料層48中に、Cuなどの下層28を構成する材質と、Ruなどの上層29を構成する材質とが入り交じっていれば、成膜当初は、図4のように2層構造として成膜されたものと推定することができる。なお上記組成分析によれば、前記非磁性材料層48の下面側に比べて表面側にRu層、Rh層、Re層、Os層、Ir層、Pt層、Pd層、またはこれら材質の混合層が多く存在する組成変動を確認することができる。

【0173】次に図5に示す工程では図4に示す非磁性材料層48上にリフトオフ用のレジスト層45(図5を参照)を形成する。

【0174】そして前記レジスト層45に覆われていない、第1反強磁性層23から非磁性材料層48までの積層体30のトラック幅方向(図示X方向)の両側領域をイオンミリングなどで除去する。図5では、除去された部分が点線で示されている。

【0175】また図5に示す工程で、前記レジスト層45下に残された積層体30のトラック幅方向(図示X方向)における両側端面30aは、下方から上方(第1反強磁性層23側から非磁性材料層48側;図示Z方向)に向うにしたがって前記積層体30のトラック幅方向への幅寸法が徐々に小さくなる傾斜面あるいは湾曲面として形成される。

【0176】なお前記レジスト層45の大きさであるが、前記レジスト層45の下に残される積層体30の上

面30bのトラック幅方向における幅寸法T1が約0.1μm以下になるように前記レジスト層45の大きさを調整する。

【0177】また図5では、前記積層体30の第1反強磁性層23の下側領域23a、23aは前記両側端面30aよりもさらに図示X方向に延びて形成されているが、この延出した下側領域23aも全て除去され、前記第1反強磁性層23が略台形状で形成されていてもよい。かかる場合は、除去された前記積層体30のトラック幅方向の両側からシードレイヤ22、下地層21あるいは第1電極層20のいずれかの層表面が露出する。

【0178】次に図6に示す工程では、図5に示す積層体30のトラック幅方向における両側領域に絶縁層31を成膜する(図6を参照のこと)。前記成膜にはスパッタ法や蒸着法などが使用される。

【0179】本発明では前記絶縁層31をAl₂O₃やSiO₂などの絶縁材料で形成することが好ましい。

【0180】また図6に示す絶縁層31の上面が前記積層体30の上面と同程度の位置となるように前記絶縁層31を成膜し、このとき前記積層体30の両側端面30aの一部が露出しないようにする。前記積層体30の両側端面30aの一部が露出すると分岐ロスの原因となりやすいからである。

【0181】前記積層体30の両側端面30aを完全に前記絶縁層31によって埋めるには、図6に示すように前記絶縁層31の内側先端部31bを、リフトオフ用のレジスト層45の下面に形成された切欠部45a下に入り込ませ、前記内側先端部31aが前記積層体30の上面に乗るように形成する。

【0182】このように前記レジスト層45に形成された切欠部45a下に絶縁層31の内側先端部31bを入り込ませるには、前記絶縁層31のスパッタ成膜時に、スパッタ角度を第1電極層20下の基板(図示しない)に対し垂直方向(図示Z方向)からやや斜めに傾けてスパッタ成膜を行う。

【0183】また前記絶縁層31の成膜時に、前記絶縁層31を構成する絶縁材料31aが前記レジスト層45の周囲にも付着する。そして前記リフトオフ用レジスト層45を除去する。

【0184】次に図7に示す工程では、前記絶縁層31上から前記積層体30上にかけてフリー磁性層32、非磁性中間層33、強磁性層34、第2反強磁性層35及び保護層36を連続成膜する。

【0185】本発明では前記フリー磁性層32をCoFeNi合金、CoFe合金、Co、NiFe合金などの磁性材料で、前記非磁性中間層33を、Ru、Rh、Ir、Cr、Re、Cuなどの非磁性導電材料で、前記強磁性層34を、NiFe合金、CoFe合金、CoFeNi合金、Coなどの磁性材料で、前記第2反強磁性層35を、元素X(ただしXは、Pt、Pd、Ir、R

h、Ru、Osのうち1種または2種以上の元素である)とMnとを含有する反強磁性材料あるいはX-Mn-X'合金(ただし元素X'は、Ne、Ar、Kr、Xe、Be、B、C、N、Mg、Al、Si、P、Ti、V、Cr、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、Ga、Ge、Zr、Nb、Mo、Ag、Cd、Ir、Sn、Hf、Ta、W、Re、Au、Pb、及び希土類元素のうち1種または2種以上の元素である)などで、前記保護層36をTaなどで形成することが好ましい。

【0186】次に熱処理を施して前記第2反強磁性層35と強磁性層34間に交換結合磁界を発生させ、前記強磁性層34をトラック幅方向(図示X方向)に磁化させる。なおこの熱処理をいつ行うかは任意であり、例えば後で説明する図8工程での凹部形成後に行ってもかまわない。

【0187】なお図7に示す実施形態では、前記強磁性層34、非磁性中間層33及びフリー磁性層32の3層構造で積層フェリ構造を構成しているため、前記強磁性層34とフリー磁性層32間で発生するRKKY相互作用における結合磁界によって前記強磁性層34とフリー磁性層32の磁化を互いに反平行状態にすることができる。

【0188】なお図3の実施形態に示すように、フリー磁性層32上に直接、第2反強磁性層35を設ける場合には、図7に示すフリー磁性層32を成膜後、前記フリー磁性層32上に第2反強磁性層35を成膜する。

【0189】次に図7に示すように、前記保護層36上に穴部46aが形成されたマスク層46を形成する。本発明では前記マスク層46を無機材料で形成することが好ましい。

【0190】マスク層46に無機材料を使用する理由は前記マスク層46の膜厚を薄く形成できるからである。またエッチングレートが遅い。特に無機材料の中でもAl₂O₃やSiO₂、Al-Si-Oなどの無機絶縁材料がこのような作用効果を得られやすく好ましい。前記マスク層46としてレジストなどを使用してもよいが、レジストの場合、前記マスク層46の膜厚は非常に厚くなるため、露光現像によって前記マスク層46に微小な間隔の穴部46aを形成しづらくなる。またこのマスク層46の穴部46a内の両側端面にだれなどが発生し、前記穴部46aを所定形状で形成しにくい。

【0191】前記マスク層46に形成された穴部46aの間隔は、次の工程でトラック幅Tw(磁気的なトラック幅)を規制するための間隔となるため、前記穴部46aは所定の寸法で、および所定の形状で適切に形成されていなければならない。このような理由から膜厚を薄く形成できる無機材料で前記マスク層46を形成することとしている。

【0192】ただし前記マスク層46として使用される無機材料は、保護層36や第2反強磁性層35よりもエ

ッチングレートの遅い硬質な材料でなければならない。そうでなければ次の工程で前記第2反強磁性層35に適切な深さの凹部を形成できなくなるからである。前記無機材料には、Ta、Ti、Si、Zr、Nb、Mo、Hf、W、Al-O、Al-Si-O、Si-Oなどを選択することが好ましい。

【0193】このように、前記マスク層46にはその中央部に穴部46aが形成されているが、この穴部46aは、例えば、前記保護層36の中央部上にレジスト層(図示しない)を立てておきその両側を前記マスク層46で埋めた後、前記レジスト層を除去して前記マスク層46に前記穴部46aを形成する。あるいは前記保護層36上の全体にマスク層46を成膜した後、レジスト層(図示しない)を前記マスク層46上に重ねて形成し、前記レジスト層の中央部に露光現像によって穴部を形成した後、この穴部から露出する前記マスク層46をRIEなどで削って前記マスク層46に穴部46aを形成する方法などが考えられる。

【0194】なお本発明では、前記マスク層46に形成された穴部46aのトラック幅方向における幅寸法T2を、前記積層体30上面の幅寸法T1と同じかあるいはそれよりも大きく形成することが好ましい。例えば前記マスク層46に形成された穴部46aの幅寸法T2を0.1 μ m程度で形成することが好ましい。

【0195】次に図8に示す工程では、図7工程でマスク層46に形成された穴部46a間から露出する保護層36及び第2反強磁性層35をイオンミリングなどで掘り込む(図8を参照のこと)。

【0196】図8に示すように、前記イオンミリングで前記第2反強磁性層35を途中まで掘り込む。これによって形成された凹部35aの下には、一部、前記第2反強磁性層35が残されるが、残された第2反強磁性層35の膜厚は非常に薄くなっており、このため、前記凹部35a下の反強磁性層35と強磁性層34との間で発生する交換結合磁界が非常に小さくなり、前記凹部35a下に位置する強磁性層34の中央部A及びフリー磁性層32の中央部Dの磁化は外部磁界に対し変動できる程度に弱く単磁区化された状態になる。すなわち前記中央部A、Dが感度領域として規制される。

【0197】また前記凹部35aをどの層まで掘り込んで形成するかであるが、図8のように、前記凹部35a下に一部、第2反強磁性層35が残されるように、あるいは前記凹部35aから強磁性層34の表面(点線部分を参照されたい)または非磁性中間層33の表面が露出するように、前記第2反強磁性層35や強磁性層34まで掘り込んで前記凹部35aを形成する。

【0198】また上記のように前記マスク層46に形成された穴部46aのトラック幅方向における幅寸法T2を、前記積層体30上面の幅寸法T1と同じか、あるいはそれよりも大きく形成しているため、前記第2反強磁

性層35に形成される凹部35aの下面35cのトラック幅方向(図示X方向)における幅寸法(=トラック幅Tw)を、積層体30の上面30bのトラック幅方向における幅寸法T1と同じかあるいはそれよりも大きく形成することができる。

【0199】図8に示す前記凹部35a形成のためのイオンミリング後、前記マスク層46を除去し、さらに前記保護層36上から前記第2反強磁性層35に形成された凹部35a内に第2電極層37(図1を参照のこと)を成膜すると図1に示す磁気検出素子の構造が完成する。なお前記マスク層46は、非常に薄い膜厚であるため除去しなくても前記第2電極層37を成膜する上で邪魔になることはなく、例えば前記マスク層46が金属材料で形成される場合には前記マスク層46を電極層の一部として使用できるので、前記第2反強磁性層35に凹部35aを形成した後、前記マスク層46表面をクリーニングなどして前記マスク層46を除去せずに、第2電極層37を形成してもかまわない。なおマスク層40を除去してもよい。

【0200】図9及び図10は図2に示す磁気検出素子の製造方法を示す一工程図である。なお各図は記録媒体との対向面側から見た部分断面図である。

【0201】まず図9の工程の前に図4ないし図6と同じ工程を施す。図9に示す工程では、積層体30のトラック幅方向(図示X方向)の両側に形成された絶縁層31上から積層体30上にかけてフリー磁性層32及び非磁性中間層33を積層する。

【0202】その後、前記非磁性中間層33上にリフトオフ用のレジスト層47を形成する。このリフトオフ用のレジスト層47の下面のトラック幅方向における幅寸法T3はトラック幅Twを規制するための幅寸法であり、前記幅寸法T3を前記積層体30の上面のトラック幅方向における幅寸法T1と同じかそれよりも大きい寸法で形成することが好ましい。

【0203】次に図10に示す工程では、前記レジスト層47のトラック幅方向(図示X方向)の両側に露出した非磁性中間層33上に強磁性層40及び第2反強磁性層41を連続成膜する。前記成膜にはスパッタ法や蒸着法が使用される。

【0204】前記強磁性層40及び第2反強磁性層41を成膜するときは、できるだけ前記レジスト層47の下面に形成された切欠部47a内に前記強磁性層40及び第2反強磁性層41の内側先端部を入り込ませるために、スパッタ角度を基板(図示しない)に対する垂直方向(図示Z方向)から斜めに傾いた角度として、スパッタを行う。これにより前記強磁性層40及び第2反強磁性層41の内側先端部が、前記レジスト層47の切欠部47a内に入り込み、前記強磁性層40間のトラック幅方向(図示X方向)における間隔(凹部の幅)を、図9に示すレジスト層47の下面の幅寸法T3とほぼ一致さ

せることができる。図10では、前記強磁性層40の間に露出する非磁性中間層の幅寸法でトラック幅Twが規制される。

【0205】また上記のように前記レジスト層47のトラック幅方向における幅寸法T3を、前記積層体30上面の幅寸法T1と同じか、あるいはそれよりも大きく形成しているため、前記第2反強磁性層41及び強磁性層40間に形成されたトラック幅方向（図示X方向）の凹部41a（図2を参照されたい）の幅寸法（＝トラック幅Tw）を、積層体30の上面30bのトラック幅方向における幅寸法T1と同じかあるいはそれよりも大きく形成することができる。

【0206】前記強磁性層40及び第2反強磁性層41を成膜した後、前記レジスト層47を除去すると図2に示す磁気検出素子が完成する。

【0207】以上説明した本発明における磁気検出素子の製造方法では、積層体30上から前記積層体30のトラック幅方向の両側に形成された絶縁層31上にかけて、フリー磁性層32を形成し、フリー磁性層32の上に第2反強磁性層35、41を形成し、この間で発生する交換結合磁界によって、あるいは強磁性層34、40とのRKKY相互作用における結合磁界によって前記フリー磁性層32をトラック幅方向に磁化させることができる。

【0208】上記のように本発明では、前記フリー磁性層32を積層体30上のみでなく絶縁層31上にまで長く延ばして形成でき、トラック幅Tw及び積層体30の狭小化においても前記フリー磁性層32を適切に単磁区化することができる。

【0209】また前記フリー磁性層32の下に形成される、第1反強磁性層23、固定磁性層27、非磁性材料層48からなる積層体30のトラック幅方向における両側を適切に絶縁層31で埋めることができ、シャントロスが生じ難く抵抗変化率を適切に向上させることが可能な磁気検出素子を製造することができる。

【0210】従って本発明における磁気検出素子の製造方法によれば、高記録密度化においても再生出力や抵抗変化率など再生特性を適切に向上させることが可能な磁気検出素子を容易に製造することができる。

【0211】また本発明では、前記Cuなどで形成された下層28上にRuなどで形成された上層29を形成して非磁性材料層48を構成し、あるいは非磁性材料層50を前記上層29と同じ材質の単層膜として形成することで、前記非磁性材料層のコンタミネーションの発生や酸化を抑制でき、前記非磁性材料層としての機能を適切に維持することが可能である。

【0212】また本発明では、前記第2反強磁性層35、41に形成された凹部35a、41aの下面の幅寸法（＝トラック幅Tw）を、積層体30の上面30bの幅寸法T1より大きく形成することが可能である。これ

は、フリー磁性層32を積層体30上のみでなく絶縁層31上にまで延ばして形成し、前記フリー磁性層32の上側に形成される第2反強磁性層35のトラック幅方向における幅寸法を、前記積層体30の上面30bの幅寸法T1より大きく形成できるからである。

【0213】従って前記第2反強磁性層35に凹部35aを形成する場合、あるいはレジスト層47を用いて強磁性層40及び反強磁性層41を積層して、前記凹部41aを形成する場合において、前記凹部35aの幅寸法を、前記積層体30の上面の幅寸法T1より容易に大きく形成できる。

【0214】本発明のようにCPP型磁気検出素子の場合、できる限り前記積層体30の幅を小さくしてある所定の直流抵抗値(DCR)を確保する必要があり、一方、凹部35aの下面の幅寸法で決定されるトラック幅Tw（磁気的なトラック幅）も、今後の高記録密度化において狭小化する必要があるが、前記積層体30の幅寸法に比べ、前記トラック幅Twをあまり狭くしすぎると出力低下が懸念される。

【0215】従って上記のように、本発明では、凹部の幅寸法が、積層体30の幅寸法より大きくなるように互いの幅寸法を規制し、これによって直流抵抗値(DCR)及び再生出力の双方の向上を適切に図ることが可能な磁気検出素子を製造することができる。

【0216】また図9及び図10に示した製造工程では、図4ないし図8に示す製造工程の場合のように、凹部35a形成のためのイオンミリングなどによる掘り込み工程が必要ないため、より所定形状の磁気検出素子を製造しやすい。

【0217】以上詳述した本発明におけるCPP型のスピナルバルブ型薄膜素子は、ハードディスク装置内に搭載される再生用ヘッドとして使用できる他、MRAM等のメモリとして使用することができる。

【0218】また前記スピナルバルブ型薄膜素子を使用した再生用ヘッドは、摺動型であってもよいし浮上型であってもどちらでもよい。

【0219】

【発明の効果】以上詳述した本発明によれば、フリー磁性層が反強磁性層、固定磁性層、非磁性材料層からなる積層体の両側に形成された絶縁層上から前記積層体上にかけて形成されており、前記フリー磁性層のトラック幅方向への幅寸法は、トラック幅Twよりも長く延ばされて形成されている。さらに前記フリー磁性層上には、第2反強磁性層が形成され、前記フリー磁性層はエキスチェンジバイアス方式によって磁化される。

【0220】これによって前記フリー磁性層を適切に単磁区化構造にでき、トラック幅Tw及び積層体の狭小化においても感度に優れた磁気検出素子を製造することができる。

【0221】また前記積層体の両側を絶縁層で埋めてし

31

まうと共に、フリー磁性層の磁化制御を第2反強磁性層を用いたエクスチェンジバイアス方式とすることで、電流がフリー磁性層から積層体に流れる経路以外に分流することが減り、いわゆるシャントロスの低減によって抵抗変化率の向上を図ることが可能になる。

【0222】また本発明では、前記積層体のトラック幅方向における幅寸法をトラック幅 T_w より小さく形成することが好ましい。これによって素子の直流抵抗値と再生出力の双方を適切に高めることができる。

【0223】以上のように本発明では、トラック幅 T_w の狭小化においても、感度に優れ、再生出力が高く、しかも抵抗変化率の大きいCPP型の磁気検出素子（スピナバルブ型薄膜素子）を適切且つ容易に製造することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明における第1実施形態のCPP型磁気検出素子（スピナバルブ型薄膜素子）を記録媒体との対向面側から見た部分断面図、

【図2】本発明における第2実施形態のCPP型磁気検出素子（スピナバルブ型薄膜素子）を記録媒体との対向面側から見た部分断面図、

【図3】本発明における第3実施形態のCPP型磁気検出素子（スピナバルブ型薄膜素子）を記録媒体との対向面側から見た部分断面図、

【図4】本発明の図1に示す構造のCPP型磁気検出素子の製造工程を示す一工程図、

32

【図5】図4の次に行なわれる一工程図、

【図6】図5の次に行なわれる一工程図、

【図7】図6の次に行なわれる一工程図、

【図8】図7の次に行なわれる一工程図、

【図9】本発明の図2に示す構造のCPP型磁気検出素子の製造工程を示す一工程図、

【図10】図9の次に行なわれる一工程図、

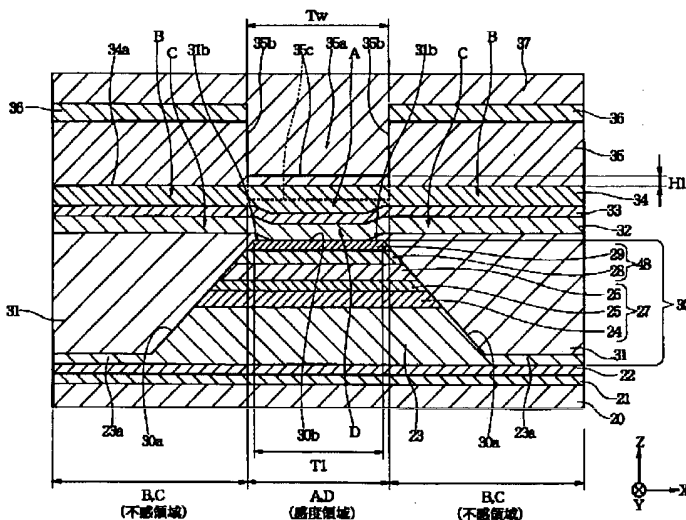
【図11】従来のCPP型磁気検出素子（スピナバルブ型薄膜素子）の構造を記録媒体との対向面側から見た部分断面図、

【図12】図11の一部の部分拡大図、

【符号の説明】

- 20 第1電極層
- 23 第1反強磁性層
- 27 固定磁性層
- 30 積層体
- 31 絶縁層
- 32 フリー磁性層
- 33 非磁性中間層
- 34、40 強磁性層
- 35、41 第2反強磁性層
- 37 第2電極層
- 45、47 レジスト層
- 46 マスク層
- 48、50 非磁性材料層

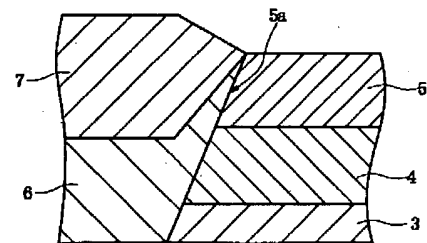
【図1】



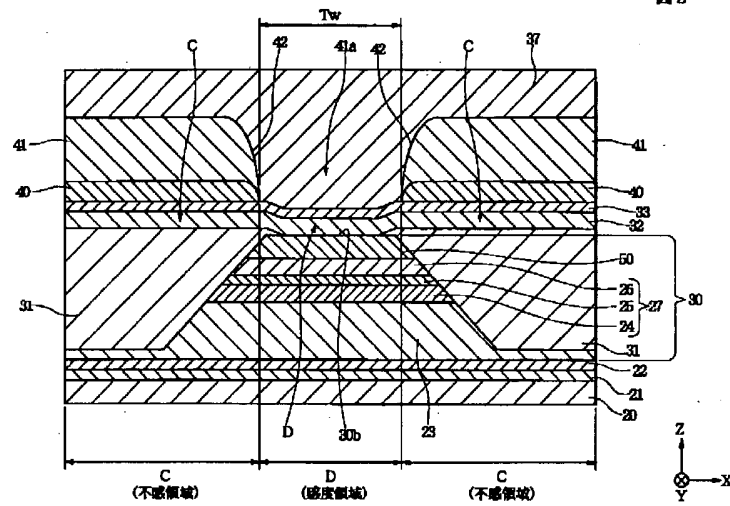
【図12】

図1

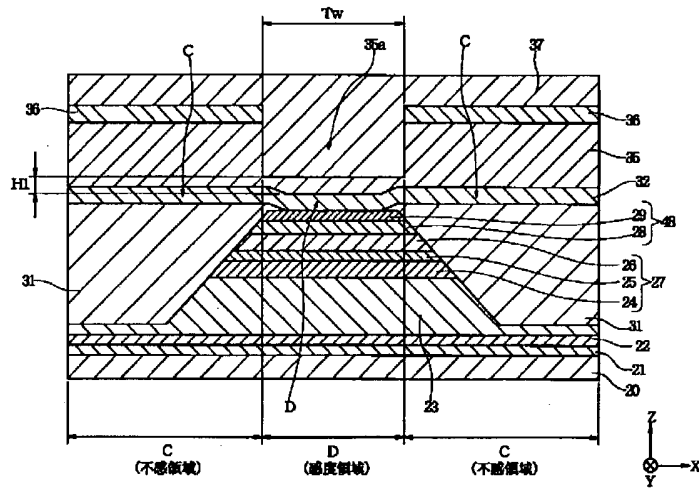
図12



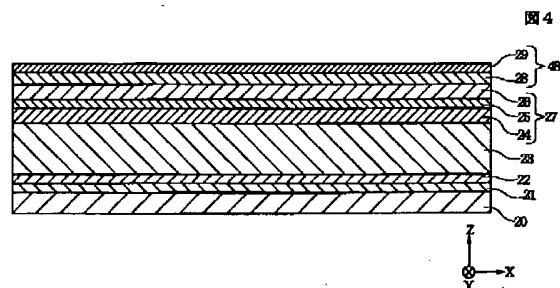
【図2】



【図3】

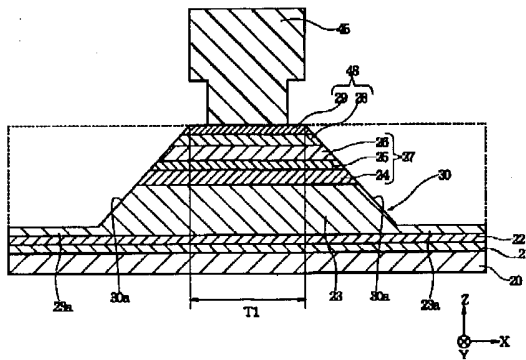


【図4】



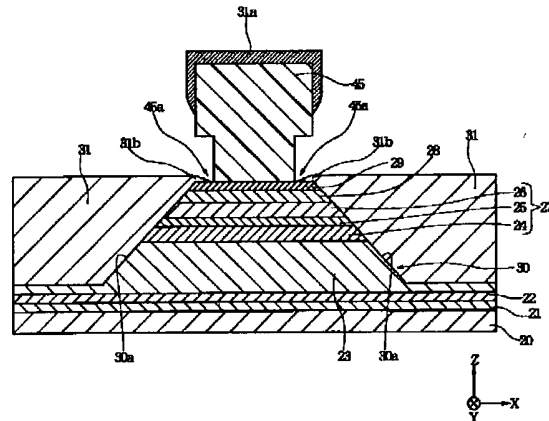
【図5】

図5



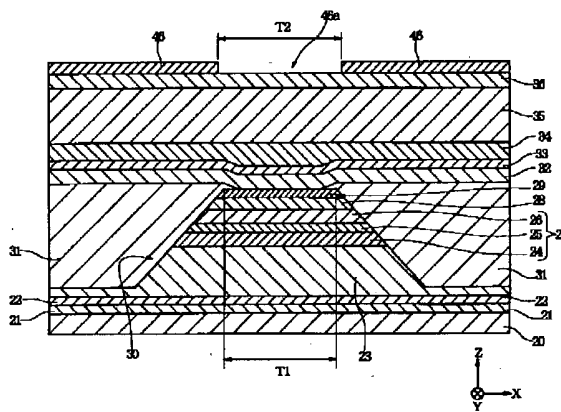
【図6】

図6



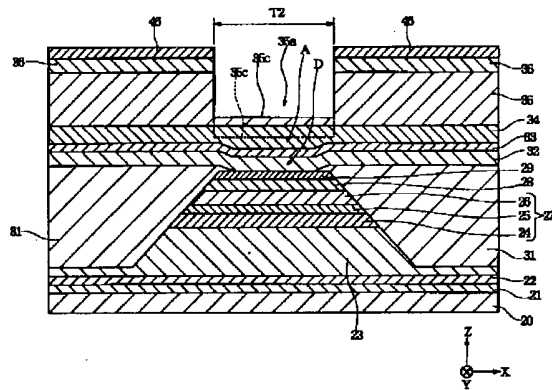
【図7】

図7



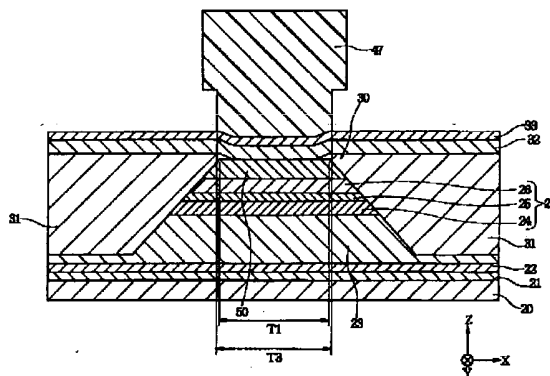
【図8】

図8



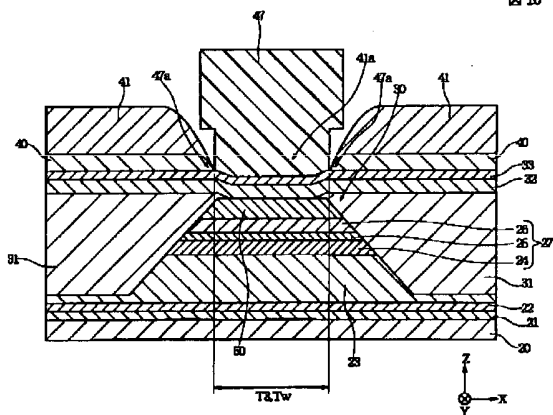
【図9】

図9



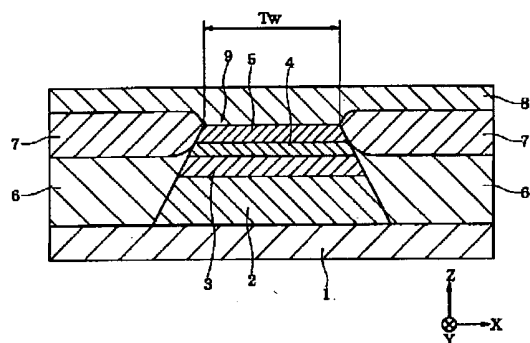
【図10】

図10



【図11】

図11



フロントページの続き(51)Int. Cl.⁷

H01L 43/12

識別記号

FI

G01R 33/06

テーマート' (参考)

R